

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-223784

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/323

(21)Application number : 11-020855

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 29.01.1999

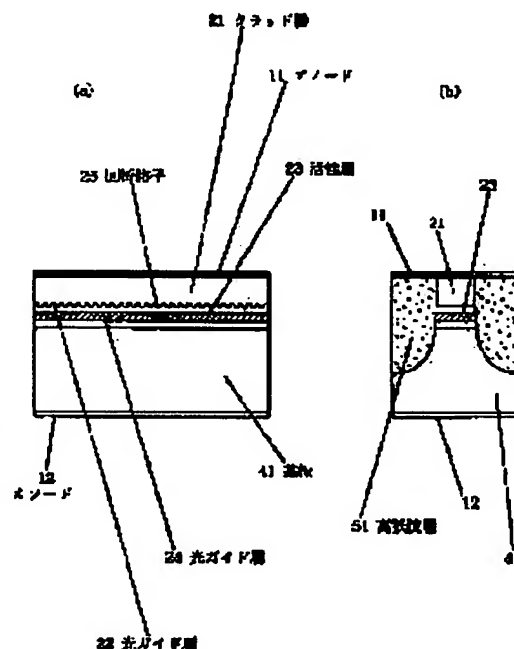
(72)Inventor : NUMAI TAKAAKI

(54) WAVELENGTH-STABILIZED SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the wavelength variation of a semiconductor laser against the temp. variation by setting the absolute value of the temp. coefficient of the refractive index of a semiconductor layer to a specified value or less to an oscillable wavelength.

SOLUTION: The layer arrangement comprises a substrate 41 (InNP), an optical guide layer 24 (InGaAsNP of 1.3 μm), an active layer 23 (nGaAsNP of 1.55 μm), and optical guide layer 22 (InGaAsNP of 1.3 μm) and a clad layer 21 (InNP). A forward bias voltage is applied between an anode 11 and a cathode 12 to flow a current over the threshold in a semiconductor laser, thereby starting oscillating. When the material or the compsn. of a semiconductor layer is changed to provide a temp. coefficient of 10^{-5}K^{-1} of the refractive index, the wavelength changes about 8° in the same temp. range and such a wavelength stability as on this order is enough to form an optical integrated circuit of a semiconductor laser. Thus, a semiconductor laser with a little or no variation of the oscillation wavelength can be realized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.12.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-223784
(P2000-223784A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 S 5/323

識別記号

F I
H 0 1 S 3/18

テーマコード(参考)
5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-20855

(22) 出願日 平成11年1月29日 (1999.1.29)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 沼居 貴陽

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100086483

弁理士 加藤 一男

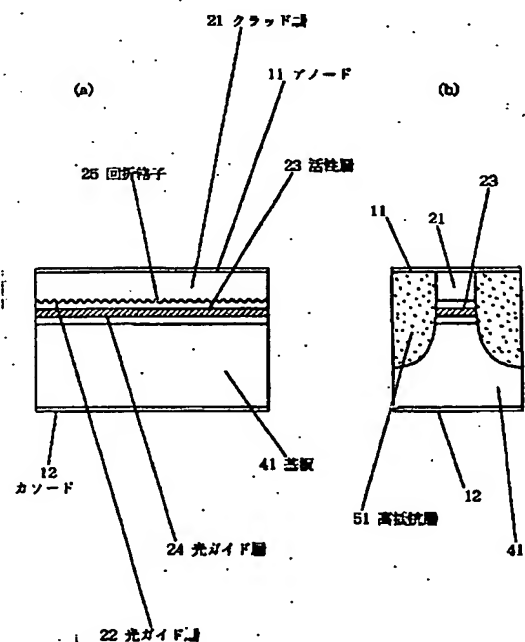
Fターム(参考) 5F073 AA45 AA64 BA02 CA07 CA17
CA18 CA22 CA24 EA03

(54) 【発明の名称】 波長安定化半導体レーザー

(57) 【要約】

【課題】 温度が変動しても光導波路の等価屈折率変化の小さい或は等価屈折率がほぼ一定に保たれ、波長変化の小さい半導体レーザーである。

【解決手段】 半導体レーザーを構成する半導体層21～24、41、51において、少なくともレーザー光が存在する領域に配置された半導体層21～24、41、51の屈折率の温度係数の絶対値がすべて、発振可能な波長に対して 10^{-5} K^{-1} 以下、特にはゼロである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザーを構成する半導体層において、少なくともレーザー光が存在する領域に配置された半導体層の屈折率の温度係数の絶対値がすべて、発振可能な波長に対して 10^{-5} K^{-1} 以下である様に設定されていることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項2】半導体レーザーを構成する半導体層において、少なくともレーザー光が存在する領域に配置された半導体層の屈折率の温度係数がすべて、発振可能な波長に対してゼロである様に設定されていることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザー。

【請求項3】レーザー光が存在しない領域に配置された少なくとも1つ以上の半導体層の屈折率の温度係数が負であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザー。

【請求項4】前記屈折率の温度係数が負の半導体層が半導体活性層にほぼ並行的に積層されていることを特徴とする請求項3記載の半導体レーザー。

【請求項5】前記半導体活性層を挟んだ上下の少なくとも一方に、前記屈折率の温度係数が負の半導体層が配置されていることを特徴とする請求項4記載の半導体レーザー。

【請求項6】分布帰還型半導体レーザーとして構成されていることを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の半導体レーザー。

【請求項7】分布反射型半導体レーザーとして構成され、回折格子領域と活性層領域の両方が請求項1または2記載の層構成を有することを特徴とする半導体レーザー。

【請求項8】前記活性層領域が請求項3、4または5記載の層構成を有することを特徴とする請求項7記載の半導体レーザー。

【請求項9】ファブリ・ペロー半導体レーザーとして構成されていることを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の半導体レーザー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重光通信システムの光源等として使用され得る温度変化に対して波長変化の小さい或は波長がほぼ一定に保たれる波長安定化半導体レーザーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザー (Laser Diode, LD) は、周囲の温度によって、その発振波長が変動する。これは、温度によって、原子間隔が変わると同時に格子振動の大きさが変わるために、エネルギーバンドと屈折率が変化するためである。ここで、一般に、バンドギャップが広くなれば、屈折率が小さくなる。

【0003】導波型のファブリ・ペローLDは、利得スペクトルの中に多数の共振モード (縦モード) を持ち、

共振モードの中で利得ピークに最も近い波長で発振する。この共振波長は光導波路の等価屈折率に比例し、利得ピークはエネルギーバンドの形によって変化する。したがって、ファブリ・ペローLDの発振波長はエネルギーバンドと屈折率の両方の影響を受ける。

【0004】一方、DFB-LDの発振波長は、両端面の反射が無視できるほど小さければ、内蔵した回折格子のピッチと光導波路の等価屈折率で決まる。すなわち、利得ピークの波長とは関係がない。したがって、屈折率の影響のみを受ける。もちろん、利得ピークと共振波長との差が大きく、共振波長で発振しきい利得に達しなければ発振しない。しかし、発振波長が利得ピークの波長の影響を受けるわけではない。この事情はDBR-LDでもほぼ同じである。

【0005】さて、情報容量の増大に伴って、光ファイバー通信は、幹線系だけでなく家庭など加入者系でも使われるようになってきている。このため、光源である半導体レーザーが使用される環境は、大きな温度変化があるなど、幹線系と比べて過酷になってきている。さらに、コストダウンの面からは、温度コントローラなしで半導体レーザーを使用したいという要求も高まっている。

【0006】また、情報容量を増大する1つの方法として波長多重伝送があるが、波長多重伝送では波長を精密に安定化することが必要となる。したがって、加入者系で波長多重伝送が広く利用されるためには、過酷な温度変動のある環境でも波長の安定な半導体レーザーが必要である。このような波長安定化レーザーを提案した文献としては、たとえば、特開平9-219561号公報がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の提案では、バンドギャップが温度に対して変化しない材料、すなわち屈折率が温度に対して変化しない材料を活性層と光ガイド層に用いていた。しかし、レーザー光は、基板やクラッド層にも染み出しているため、温度が変動する際に光導波路の等価屈折率を一定に保つことは不可能であるという欠点があった。また、バンドギャップが温度によって変化しないことから、温度上昇とともにキャリアのオーバーフローが生じ、そのため発振しきい電流が増加するという欠点もあった。

【0008】本発明の目的は、温度が変動しても光導波路の等価屈折率変化の小さい或は等価屈折率がほぼ一定に保たれ、波長変化の小さい半導体レーザーを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段および作用】上記目的を達成するため、本発明の半導体レーザーは、半導体レーザーを構成する半導体層において、少なくともレーザー光が存在する領域に配置された半導体層の屈折率の温度係

数の絶対値がすべて、発振可能な波長に対して $10^{-5} K^{-1}$ 以下であることを特徴とする。この構成により、例えば、温度変化に対する誘電体導波路の屈折率の変化傾向と半導体レーザーの導波路のそれがほぼ同じになり、集積光回路を形成したときに半導体レーザーからの光が常に反射されないでスムーズに誘電体導波路に導かれるようになる。

【0010】上記構成において、簡単のために、半導体レーザーを構成している各半導体層の屈折率を n_s とし、各半導体層に対する光の閉じ込め係数を Γ_s とすると、等価屈折率 n_{eff} は近似的に（こうしても以下の

$$n_{eff} = \sum_s \Gamma_s [n_{s0} + \alpha_s \Delta T] \quad (3)$$

となる。この式において、括弧内の第1項は一定だから、 $\Gamma_s \neq 0$ の領域において、

$$\alpha_s = 0 \quad (4)$$

であれば、かならず等価屈折率 n_{eff} が一定となる。すなわち、レーザー光が存在している領域に配置された半導体層（すなわち光の閉じ込め係数がゼロでない半導体層）において、屈折率の温度係数がほぼゼロであれば、共振波長はほぼ一定に保たれる。

【0012】 $\Gamma_s = 0$ の領域、すなわちレーザー光が存在しない領域に配置された半導体層の屈折率は等価屈折率に寄与しないので、この半導体層の屈折率の温度係数はゼロである必要はない。

【0013】理想的には、屈折率の温度係数 α_s はすべてゼロであることが望ましいが、たとえゼロでなくても、この絶対値が小さければ温度変化に対する波長変動は小さくなる。現状の半導体レーザーの半導体材料では $\alpha_s \approx 10^{-4} K^{-1}$ であり、ガラスなどを用いた誘電

$$\alpha(E) \approx 2 \times 10^4 (E - E_g) \text{ cm}^{-1} \quad (5)$$

ただし、 E 、 E_g の単位は eV である。

【0016】クラマース・クローニツヒの関係から、屈

$$\begin{aligned} n(E) &= 1 + c \cdot h / (2\pi^2) \cdot \int \alpha(E') / (E'^2 - E^2) \cdot dE' \\ &\quad (\text{積分範囲は } 0 \text{ から } \infty) \\ &= 1 + c \cdot h / (2\pi^2) \cdot \int \alpha(E') / (E'^2 - E^2) \cdot dE' \\ &\quad (\text{積分範囲は } E_g \text{ から } \infty) \\ &= 1 + ch / (2\pi E) \cdot 10^4 (E + E_g)^{1/2} \\ &\quad (\text{式 (5) を用いる}) \end{aligned} \quad (6)$$

で与えられる。ここで、 c は真空中の光速、 h はプランク定数である。ただし、バンド端のテールの効果は無視

$$n(E_g) = 1 + ch / (2\pi) \cdot 10^4 (2/E_g)^{1/2} \quad (7)$$

となる。したがって、 $E_g = 0.8 \text{ eV}$ ($\lambda_g = 1.55 \mu\text{m}$) とし、式 (7) の両辺を温度 T で微分すると、

$$dn(E_g)/dT = -0.2 dE_g/dT \quad (8)$$

これから、屈折率の温度係数 $dn_s/dT = 0$ の材料では $dE_g/dT = 0$ となることが分かる。したがって、本発明では、共振波長がほぼ一定に保たれるだけでなく、バンドギャップもほぼ一定に保たれる。したがって、温度変化に対して波長がほぼ不変なファブリ・ペロ

議論の有効性は失われない) 次式で与えられる。

【0011】

$$n_{eff} = \sum_s \Gamma_s n_s \quad (1)$$

(\sum_s は s について総和をとることを意味する。以下同じ)

ここで、屈折率の温度係数 α_s を導入し、温度変化 ΔT に対する屈折率の依存性を

$$n_s = n_{s0} + \alpha_s \Delta T \quad (2)$$

とおく。式 (1) に式 (2) を代入すると、等価屈折率 n_{eff} は

体光導波路では温度係数はこの $1/10$ 程度である。したがって、 $\alpha_s = 10^{-5} K^{-1}$ の半導体層を用いることで、半導体レーザーと誘電体光導波路を集積した光回路を作製する上で、両者が同程度の屈折率変化をするので光が両者間を支障なく伝搬して、有効となる。さらに α_s の絶対値を小さくすることで、温度変化に対する波長変動が小さくなることは言うまでもない。

【0014】上記目的を達成するため、上記基本構成において、少なくともレーザー光が存在する領域に配置された半導体層の屈折率の温度係数がすべて、発振可能な波長に対してゼロである様にしても勿論よい。この構成において、温度が変化した場合、前述の説明から明らかな様に共振波長が一定に保たれる。

【0015】ここで、半導体のバンドギャップについて考えてみる。半導体の吸収係数 $\alpha(E)$ は、バンドギャップ E_g 以上のエネルギー E を持つ光に対して、近似的に次式で与えられる。

折率 $n(E)$ は

した（こうしても、考察に影響はない）。

【0017】この式から、 $E = E_g$ では

次の関係が得られる。

【0018】

一、DFB、DBRなどの半導体レーザーを実現することができる。特に、ファブリ・ペローLDの発振波長はエネルギーバンドと等価屈折率の両方の影響を受けるので、これの発振波長安定性は顕著になる。

【0019】上記構成において、レーザー光が存在しな

い領域に配置された少なくとも1つ以上の半導体層の屈折率の温度係数が負である様にしてもよい。この構成において、温度が上昇した場合を考える。このとき、式(8)から、屈折率の温度係数が負の半導体層のバンドギャップが大きくなる。したがって、この層の界面のバンドオフセットが大きくなり、キャリアのオーバーフローが抑制される。しかも、先に説明したように、レーザー光が存在しない領域の半導体層の屈折率は等価屈折率に寄与しない。以上の理由により、この構成によって、温度変動に対して波長変化が小さいだけでなく、発振しきい電流の変動も小さい、すなわち温度特性の優れた半導体レーザーが実現できる。

【0020】屈折率の温度係数が負である半導体層は、半導体活性層にほぼ並行的に積層され得る。また、半導体活性層を挟んだ上下の少なくとも一方に、配置されてもよい。

【0021】上記の構成の半導体レーザーは、分布帰還型半導体レーザーとして、分布反射型半導体レーザーとして、或はファブリ・ペロー半導体レーザーとして構成され得る。分布反射型半導体レーザーの場合、回折格子領域と活性層領域の両方が、上記屈折率の温度係数の絶対値がゼロに近い半導体層の層構成を有する。また、活性層領域に、上記屈折率の温度係数が負である半導体層の層構成が設けられてもよい。

【0022】

【発明の実施の形態】(第1の実施例)図1は本発明の第1実施例であるDFB-LDの特徴を最もよく表す図面であり、同図において、11はアノード、12はカソード、21はクラッド層、22は光ガイド層、23は活性層、24は光ガイド層、25は回折格子、41は基板、51は高抵抗層である。

【0023】光の伝搬方向に沿った断面図である図1(a)の層構成は、下から、基板41(InNP:厚み $100\mu\text{m}$)、光ガイド層24($1.3\mu\text{m}$ 組成のInGaAsNP:層厚 $0.1\mu\text{m}$)、活性層23($1.5\mu\text{m}$ 組成のInGaAsNP:層厚 $0.1\mu\text{m}$)、光ガイド層22($1.3\mu\text{m}$ 組成のInGaAsNP:層厚 $0.1\mu\text{m}$)、クラッド層21(InNP:層厚 $3\mu\text{m}$)である。また、光ガイド層22の上にピッチ $\Lambda=2400\text{\AA}$ の1次の回折格子25が形成されている。ここで示したすべての半導体材料の屈折率の温度係数はゼロである。即ち、そうなる様に各材料の組成比が調整されている。

【0024】上記構成において、アノード11とカソード12の間に順バイアス電圧を印加し、半導体レーザーに発振しきい値以上の電流を流すと、レーザー発振が始まる。このときの発振波長は、両端面の反射が無視でき回折格子25に位相シフトがない場合は、ストップバンドの両端の波長の何れかであり、回折格子25に位相シフト($\lambda/4$ シフト)がある場合は、格子ピッチと等価

屈折率で決まるブラッグ波長である。

【0025】光の伝搬方向に垂直な端面の断面を示す図1(b)において、高抵抗層51は、FeドープInNPであり、発光部の他に余分な電流が流れない様にするために導入した。この高抵抗層51にも伝搬光が染み出しているため、高抵抗層51の屈折率の温度係数もゼロである。

【0026】温度を室温から摂氏 100 度まで増加させたときの発振波長の変化は 0.1\AA 以下であり、従来の半導体レーザーでの波長変化 $\sim 80\text{\AA}$ と比べると十分小さい。ここで、発振波長の変化が完全にゼロとならないのは、半導体材料が温度上昇につれて膨張するためである。

【0027】半導体層の材料あるいは組成比を変えて、屈折率の温度係数が 10^{-5}K^{-1} となった場合は、同じ温度範囲で波長変化は $\sim 8\text{\AA}$ となる。この程度の波長安定度でも、誘電体光導波路と半導体レーザーの光集積回路を作製するには十分な値である。

【0028】なお、第1の実施例では、図1(b)のように埋め込み構造としたが、光導波構造はリッジ導波路やリブ導波路でもかまわない。また、光導波路が光ガイド層を含まなくてもよい。回折格子を用いた半導体レーザーの場合、回折格子も光ガイド層ではなく、基板に形成してあってもよいし、DFB-LDだけでなくDBR-LD(この場合、回折格子領域と活性層領域の両方について以上述べた様な層構成にする)であっても本実施例と同様な効果が期待できる。回折格子を含まないファブリ・ペローLDでも、本実施例と同様な効果が期待できる。

【0029】半導体材料についても、本実施例で示したInGaAsNP系に限らず、HgCdTe混晶、HgCdSe混晶、GaInAsBi混晶、GaInPBi混晶、GaAsPBi混晶、GaInTlP混晶、AlInTlAs混晶、AlGaInTlPAs混晶、GaInNAs混晶、GaInNAsP混晶など(勿論、これらの適当な組成比のもの)、温度係数がゼロの材料であれば何でもよい。

【0030】(第2の実施例)図2は本発明の第2の実施例であるDFB-LDの特徴を最もよく表す図面であり、同図において、31は屈折率の温度係数が負の半導体層である。図1の符号と同じものは同一機能部分であることを示す。

【0031】この構成において、半導体層31にレーザー光が染み出さないように、光ガイド層24の厚みは $1\mu\text{m}$ とした。温度が上昇すると、半導体層31のバンドギャップが大きくなるため、キャリアに対するエネルギー障壁が大きくなる。したがって、キャリアのオーバーフローを低減することができる。この結果、発振しきい電流の変動が第1の実施例よりも更に小さくなる。発振しきい電流の温度変化に対する指標である特性温度は、

第1の実施例では100Kであるが、第2の実施例では150Kまで向上し、温度特性の優れたレーザーとなる。なお、屈折率の温度係数が負の層31が活性層23よりも上側にあってもよい。何れにせよ、活性層23の周りにあればよい。

【0032】なお、屈折率の温度係数が負の半導体材料としては、InGaAsNP混晶、HgCdTe混晶、HgCdSe混晶、GaInAsBi混晶、GaInPBi混晶、GaAsPBi混晶、GaInTlP混晶、AlInTlAs混晶、AlGaInTlPAs混晶、GaInNAs混晶、GaInNAsP混晶など、組成によって温度係数が負になる材料であれば何でもよい。DFB-LDだけでなく、DBR-LD（この場合、活性層領域にのみ、こうした屈折率の温度係数が負の層を設ける）、回折格子を含まないファブリ・ペローLDでも、上記の構成を採用することによって本実施例と同様な効果が期待できる。

【0033】（第3の実施例）図3は本発明の第3の実施例であるDFB-LDの特徴を最もよく表す図面であり、同図において、26はクラッド層、32は屈折率の温度係数が負の上方の半導体層である。図1の符号と同じものは同一機能部分であることを示す。

【0034】この構成において、屈折率の温度係数が負の半導体層31と32にレーザー光が染み出さない様に、光ガイド層24とクラッド層26の厚みは、どちらも1 μ mとした。本実施例では、活性層23の下側と上側に半導体層31と32があるので、温度が上昇すると、電子、正孔両方に対するエネルギー障壁が大きくなる。したがって、第2の実施例よりも更にキャリアのオーバーフローを低減することができる。この結果、発振しきい電流の変動が第2の実施例よりも更に小さくなる。特性温度は、第2の実施例では150Kであるが、

第3の実施例では250Kまで向上し、第2実施例よりも更に温度特性の優れたレーザーとなる。なお、屈折率の温度係数が負の層の数は2層に限らず、3層以上であってもよい。層厚を大きくすると歪みによる転位が問題となる場合には、この層の層厚を小さくして複数層にするのが良い。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体レーザーによれば、温度の変動に対して、発振波長の変化が小さい或は不変の半導体レーザーを実現することができる。

【0036】また、温度の変動に対して、発振波長の変化が小さいだけでなく、発振しきい電流の変動の小さい、温度特性の優れた半導体レーザーを実現することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る半導体レーザーの構造を説明する図である。

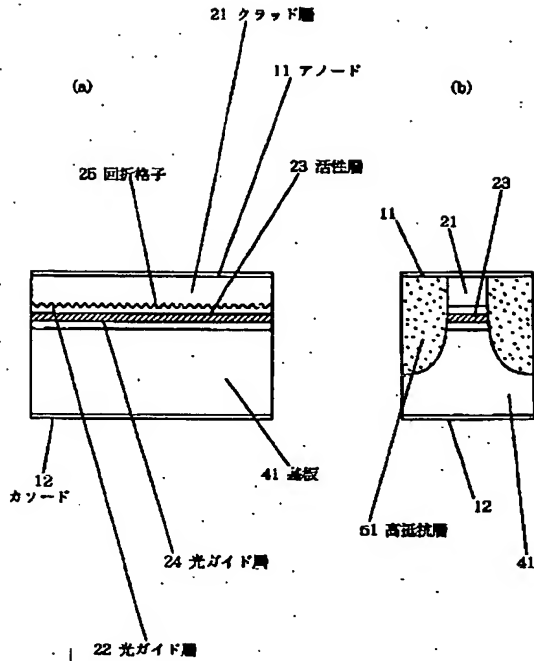
【図2】本発明の第2の実施例に係る半導体レーザーの構造を説明する図である。

【図3】本発明の第3の実施例に係る半導体レーザーの構造を説明する図である。

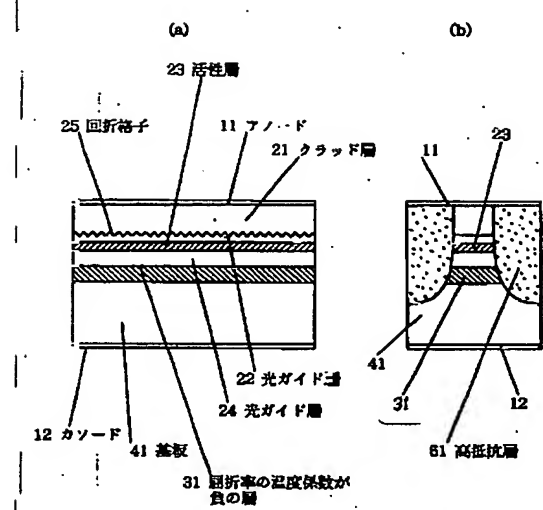
【符号の説明】

- 11 アノード
- 12 カソード
- 21、26 クラッド層
- 22、24 光ガイド層
- 23 活性層
- 25 回折格子
- 31、32 屈折率の温度係数が負の半導体層
- 41 基板
- 51 高抵抗層

【図1】



【図2】



【図3】

